

Rechnergestützte Lebenszyklusbetrachtung in der Produktentwicklung – Hilfe oder Worthülse?

Dietz, P.

Product Lifecycle Support (PLCS) wird als neues Mittel in der systematischen Produktentwicklung insbesondere in einer rechnergestützten Vorgehensweise empfohlen und ist Gegenstand mehrerer Forschungsvorhaben am IMW. Der folgende Artikel geht mit dem sicherlich sehr interessanten Thema etwas kritisch um und stellt Fragen bezüglich der Anwendbarkeit solcher Methoden im Produktentwicklungsprozess.

Product Lifecycle Support (PLCS) as an approach in computer aided design of products is topic of some research projects of IMW. This article gives a short introduction to this interesting field and raises a few critical questions about the application in industry.

1 Produktentwicklungsprozess, concurrent engineering

Betrachtungen über den Lebenszyklus sind bei der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren nichts Neues. Jeder Produktentwickler hat zu allen Zeiten sich schon Gedanken machen müssen über die einzelnen Stadien des Produktlebenszyklus, von der Definition der Produktfunktionen über die Fertigung und Handhabung bis hin zu einem möglichen Recycling. Die Betrachtungsweisen, die hiermit zusammenhängen, sind auch nicht ein Problem, das mit Hilfe eines rechnergestützten Tools zu lösen ist. Hier wird die Verantwortung und die Kreativität des Konstrukteurs als Individuum angesprochen. Der Rechner kann als intelligentes Notizbuch Daten aufnehmen und wiedergeben, die Auswertung und die Schlussfolgerung für die Gestaltung eines neuen Produktes sind aber so vielfältig, dass die Auswertung von Lifecycle-Betrachtungen eng verbunden ist mit dem Urteilsvermögen und der Kreativität des Produktentwicklers.

Nach Pahl /1/ ist es „... die Aufgabe des Ingenieurs, für technische Probleme mithilfe natur- und ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse Lösungen zu finden und sie unter Berücksichtigung stofflicher, technologischer und wirtschaftlicher Bedingungen sowie gesetzlicher, umwelt- und

menschenbezogener Einschränkungen in optimaler Weise zu verwirklichen.“

Dieser Satz hat zwei Teile, die auch bezüglich ihrer Lifecycle-Betrachtung unterschiedlich gewertet werden müssen. Im ersten Schritt der Aufgabenbetrachtung und Konzeption ist das Leben eines Produktes nach seinen erforderlichen Funktionen zu durchsuchen, diese Funktionen müssen analysiert werden und führen zu der Ideenfindung, zum Konzept eines neuen Produktes. Das *requirement engineering* – ob nun rechnergestützt oder nicht – spielt hier eine gewichtige Rolle, die *requirements* können aus einer lebensdauerorientierten Aufgabenanalyse gewonnen werden.

Liegt das Konzept fest, so muss es realisiert werden. In diesem Bereich der Konstruktion gilt es besonders die gewählte Konzeption in einem Simulationsprozess einer Lebenszyklusbetrachtung zu unterziehen und dabei verschiedene Dinge zu erkennen und zu optimieren, bevor die erste Maschine gefertigt wird. Hierzu gehören Fragen der Betriebsfestigkeit, Fragen des Verschleißes und der Wartung, aber auch das Problem der Korrosion und schließlich die Frage des Recyclings, denn wir alle wollen ja künftig nachhaltige Produkte schaffen.

Während in der ersten Phase der Schwerpunkt der Lifecycle-Betrachtung eher das Erkennen der Aufgabe, der Hauptfunktionen des Produktes und seines Anwendungsbereiches war, wird hier ganz konkret mit oft sehr aufwändigen Versuchen der Lifecycle im Detail untersucht.

Das Neue an dieser lebenszyklusorientierten Arbeitsweise ist eigentlich nur, dass man nach Methoden sucht wie man diese Informationen sicher handhaben kann. Aus dieser Betrachtungsweise ist das sogenannte *concurrent engineering* entstanden. Im Mittelpunkt steht die Forderung, über das zukünftige Produkt soviel Wissen bereit zu stellen, dass eine zielsichere Konstruktion möglich ist. Dies ist nicht selbstverständlich, denn der Produktentwicklungsprozess wird von zwei besonderen Restriktionen begleitet.

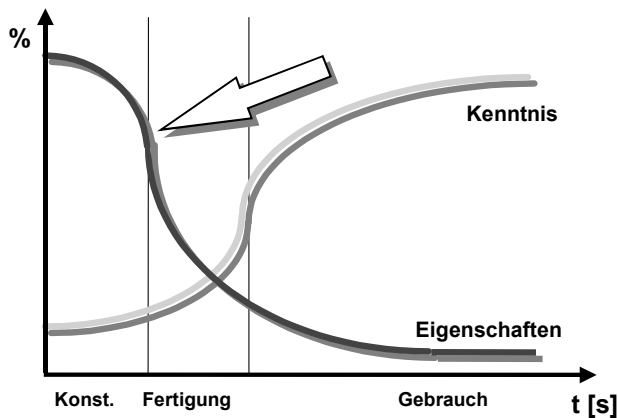


Bild 1: Informationsproblem während der Konstruktion

Wenn wir uns in einem Diagramm über der Produktlebenszeit einmal auftragen (**Bild 1**), welche wichtigen Merkmale des Produktes zu welchem Zeitpunkt festgelegt werden, stellen wir fest, dass ca. 70 % aller Merkmale einschließlich der Kosten bereits zu Beginn des Produktlebens, also in der Phase des Konstruierens festgelegt sind.

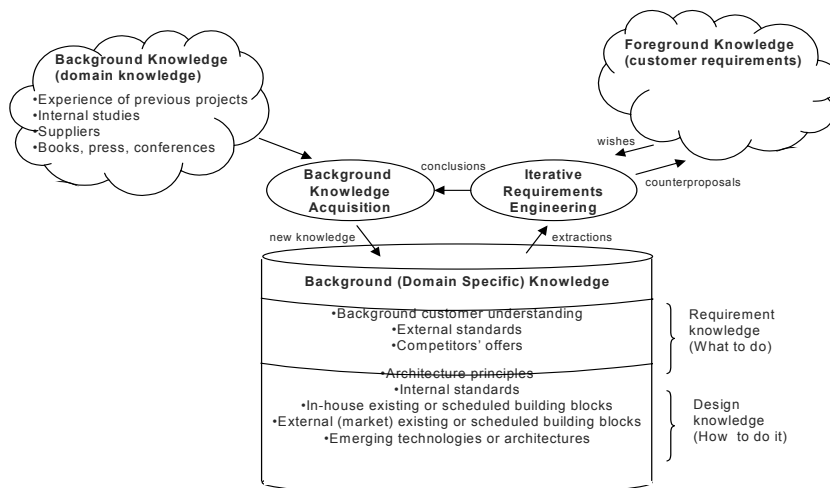


Bild 2: Firmenspezifisches Wissen /2/

Die nachfolgenden Phasen wie beispielsweise die Fertigung, die Einführung in den Markt und die Gebrauchszeit des Produktes haben nur unwesentlichen Einfluss auf die Produkteigenschaften. Wenn wir uns auf der anderen Seite betrachten, welches Wissen um Merkmale des Produktes während der Lebenszeit des Produktes vorliegt, so können wir grundsätzlich davon ausgehen, dass die Kenntnis über ein Produkt erst dann vollständig ist, wenn es im Markt aufgenommen wurde. Der Konstrukteur jedenfalls weiß fast nichts über dieses Produkt, er kann höchstens aus Produkten des Wettbewerbs oder aus alten Produkten des Unternehmens schließen, was er an seinem neuen Produkt verändern und verbessern muss. Dieses Wissen um Zu-

sammenhänge ist ein firmenspezifisches Wissen, das mit jedem Produkt wächst und das auch sehr sorgfältig – zum Beispiel in wissensakquirierenden Systemen – in einem Unternehmen gehandhabt wird (**Bild 2**).

Der Produktentwickler bewegt sich trotz des ständigen Wissenszuwachses in einem Umfeld, wo er bei zu geringer Information Entscheidungen über ein Produkt treffen muss, die diesem Produkt lebenslang anhaften. Dies ist ein Punkt, der das Leben eines Produktentwicklers zwar interessant, aber auch nicht ungefährlich macht.

Dies hängt natürlich zusammen mit der eigentlichen Lebensdauer eines Produktes und seiner Nachfolge durch ein neues Produkt, wie in **Bild 3** zu sehen ist. Nach der Entwicklung eines Produktes, die zunächst eine Investition für das Unternehmen darstellt, muss in einer Einführungsphase diese Investition erst wieder verdient werden, bevor das Produkt sich zur „Cash-Cow“ verwandelt und dem Unternehmen Gewinn einbringt. Aber gerade

in dieser Phase muss das Unternehmen daran denken, ein neues Produkt zu kreieren. Das heißt, der Produktentwickler muss gerade dann an ein neues Produkt mit neuen Eigenschaften denken, wenn das gegenwärtige Produkt wirtschaftlichen Erfolg einbringt und der Stolz des Unternehmens ist. Auch dies ist für den Produktentwickler keine einfache Aufgabe und man hat vor Jahren erkannt, dass man systematische Hilfestellungen braucht.

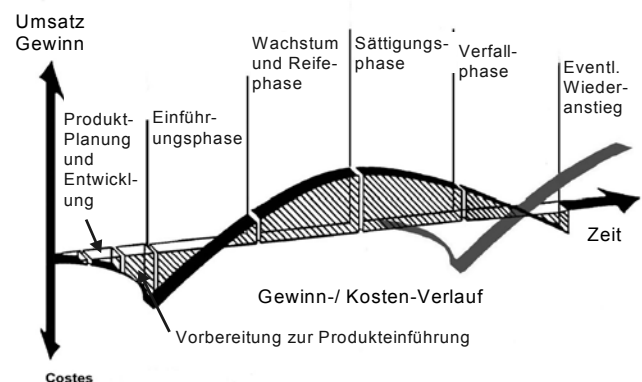


Bild 3: Produktlebenszyklus

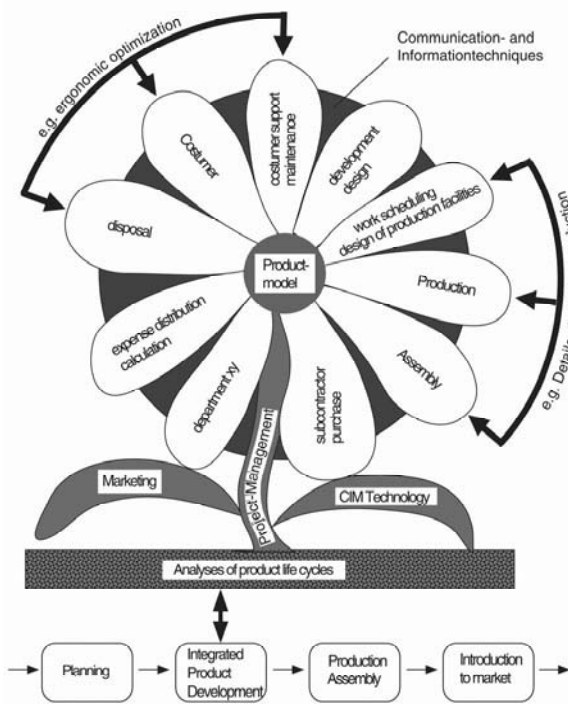


Bild 4: concurrent engineering

Diese Hilfestellungen sind einmal methodischer Art, indem man die in einem Unternehmen unterschiedlich verteilte Kompetenz in einer Entwicklungsgruppe zusammenfasst und mit Hilfe der Gruppendynamik soviel Wissen wie möglich aus dieser Gruppe herauspresst. In **Bild 4**, das die Produktentwicklung als Blume darstellt, die sich auf dem Nährboden des Wissens über den Lifecycle zur Blüte entfaltet, kann man sich diese Blüte auch als runden Tisch vorstellen, an dem innerhalb eines Brainstorming oder Workshops jeder seine Beiträge aus seiner Sicht des Produktlebens hinzufügt. Dies ist die eigentliche Funktionsweise des *concurrent engineering*.

Das Gerüst für diese Überlegungen ist immer der Lebenszyklus des Produktes. Die gezeigte Vorgehensweise erzeugt dabei eine ungeheure Fülle an Informationen, die verarbeitet werden müssen und für die man sich sicherlich ein rechnergestütztes Werkzeug wünscht, das eine Ordnung und Sicherung dieser Informationen übernimmt und das die Kommunikation zwischen den einzelnen Partnern in diesem Projekt erleichtert.

Diese Arbeitsweise ist in deutschen Unternehmen weitgehend eingeführt und lässt sich an der Vorgehensweise insbesondere der Automobilindustrie sehr deutlich erkennen.

Die gezielte Informationsverarbeitung durch rechnergestützte Mittel hinkt dieser Entwicklung aber noch etwas hinterher und ist Gegenstand konstruktionsmethodischer Forschungsarbeiten am IMW.

2 Lifecycle-Betrachtung in der Konzeptphase

Grundlage der folgenden Betrachtung ist die Vorgehensweise nach VDI 2221. Nur wenn die Kriterien der Aufgabenerstellung alle erfüllt sind, kann der Produktfindungsprozess in die nächste Phase einsteigen, wenn dies nicht der Fall ist, dann muss die vorhergehende Phase noch einmal durchlaufen werden.

Man sieht hieraus, wie wichtig die Klärung der Aufgabe und die Aufstellung einer eindeutigen Anforderungsliste sind. Aber das sind genau die Informationen, die wir nur aus einer intensiven Betrachtung des Lifecycles entwickeln können. Das Management von Anforderungen ist ein komplexes Problem, das weniger mit technischen Schwierigkeiten zu tun hat als mit der Kommunikation von Kunde, Anbieter, Zulieferer usw. /3/.

Der im ersten Ansatz einfach erscheinende Abgleich (**Bild 5**) zwischen Kunden, Anforderungen und den Möglichkeiten des Unternehmens erweist sich sehr schnell als eine aufwendige Analyse, die von generellen Aufgaben und generellen Anforderungen bis hin zur Spezifizierung eines Detailproblems führt. Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen, die versuchen, durch eine strukturierte Analyse von Anforderungen eine vollständigen Anforderungsliste für ein Produkt zu erhalten.

Bild 6 zeigt als Ergebnis des KARE Projektes /2/ die exemplarische Umsetzung und Analyse der Aufgabenstellung.

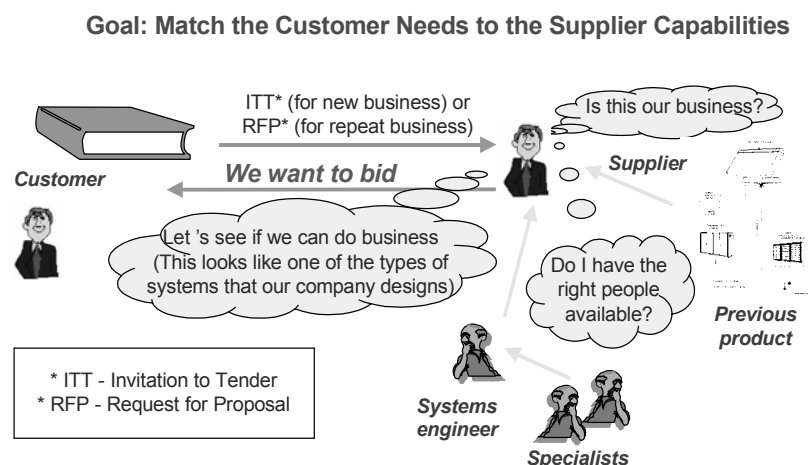


Bild 5: Abgabe eines Angebots /2/

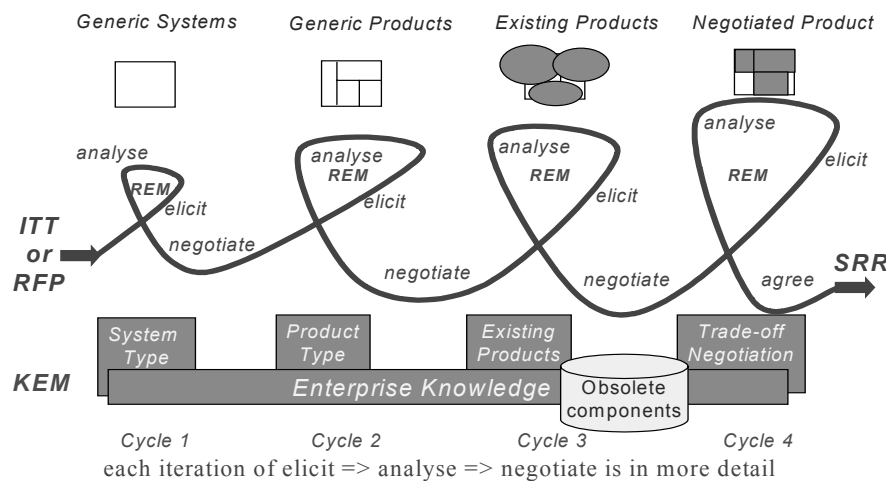


Bild 6: Prozess der Spezifizierung /2/

Eine solche Dekomposition der Anforderungen nach einem bestimmten Schema (**Bild 7**) erfordert aber immer die Handhabung von Wortinformationen und muss für jeden Auftrag neu vollzogen werden /4/. Wichtig ist dabei, dass die Relevanz aller dieser Fragen immer über den gesamten Lifecycle hinweg geprüft werden muss, um Anforderungen auch richtig zu erfassen.

Als Ergebnis mehrerer Untersuchungen muss heute gesagt werden, dass ein rein rechnergestütztes Verfahren zur automatisierten Auflistung von Anforderungen bisher nicht möglich ist, obwohl gerade im Automobilbau durch aufwendige Trendstudien versucht wird, den Kundengeschmack der Zukunft

Eines der wichtigsten Probleme in der Praxis bei der Aufstellung von Anforderungslisten und Klärung der Aufgabe ist die Vermeidung von Vorfixierungen. Das sind Vorstellungen, die man von einem Produkt hat, obwohl dieses noch nicht existiert.

In dem in **Bild 8** gezeigten Beispiel für die Konstruktion einer Waschmaschine wird jedem klar, dass man gedanklich das im Bild gezeigte Profil der bekannten Waschmaschine im eigenen Keller vor Augen hat, dass man aber mit dieser Vorfixierung bereits auf der geometrischen Form sich keine Gedanken über einen neuen Waschprozess macht. Diese Vorfixierung kann also eine Entwicklung sogar behindern.

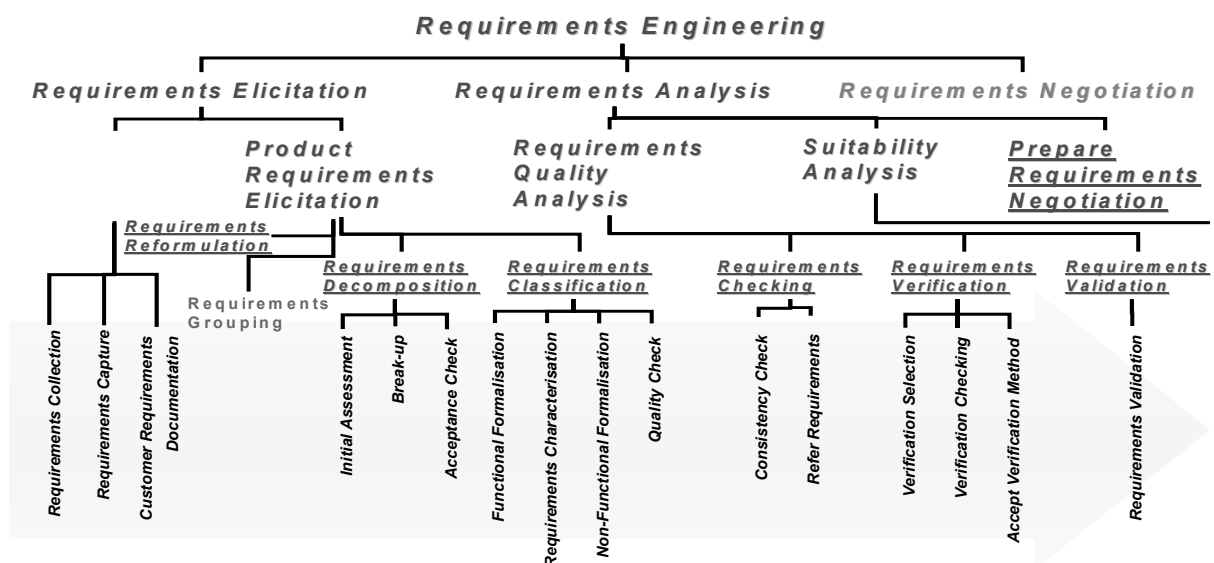


Bild 7: Auszug der Strukturierung zur Erstellung von Anforderungslisten, Ergebnis aus /2/

voraus zu sehen /5/. Die Präsentation der Anforderungen wird aus diesem Grunde heute immer noch objektbezogen in Anforderungslisten vorgenommen. Diese Liste ist für die Entwicklung des Produktes das zentrale Dokument, auf das alle Beteiligten einer Produktentwicklung gemeinsam zugreifen müssen und das auch einem Änderungsdienst unterliegen muss.

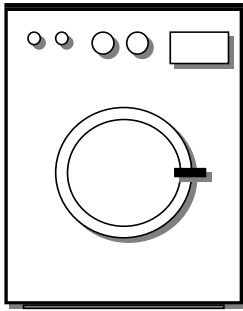


Bild 8: Vorfixierung „Waschmaschine“

Ebenso wie bei der Erstellung der Anforderungsliste ist auch bei der intensiven Analyse der Aufgabenstellung eine rechnergestützte Führung bisher nicht in Sicht. Alle gezeigten Methoden laufen auf die Verwendung des Rechners als „Bibliotheksprogramm“ nach nicht sehr generellen hierarchischen Strukturen hinaus, die im Grunde genommen keinen höheren Stellenwert annehmen als die bisherigen Merkzettel des Konstrukteurs und bei Weitem nicht an die kreativen Analysen herankommen, wie sie gegenwärtig in gruppendynamisch angelegten Entwicklungsworkshops üblich sind. Der gegenwärtige Stand der Informationstechnik stellt aber zumindest eine Hilfe im Sinne einer Anregung des Analyseprozesses durch selbstlernende Vorgehensweisen in Aussicht – aktuelle Forschungsergebnisse sind meines Erachtens auf dem richtigen Weg /5/.

3 Lifecycle-Betrachtung in der Realisierungsphase

Mit den folgenden Ausführungen möchte ich auf den zweiten Bereich des Produktentwicklungsprozesses übergehen, nämlich die Beachtung des Lifecycles bei der Dimensionierung und Ausführung des Produktes. Zu diesem Zeitpunkt kennt man schon die Hauptfunktion des Produktes, z.B. Leistung, Hauptabmessungen und die für die Funktion erforderlichen Wirkbewegungen und Wirkflächen. Bevor das Produkt gefertigt und ausgeliefert wird, muss eine detaillierte Betrachtung angestellt werden über alle Einflüsse, die im Verlauf der geplanten Lebensdauer dieses Produktes auf dieses einwirken und es muss sichergestellt werden, dass das Produkt bis zur Beendigung seines Lebenszyk-

lus ohne Ausfälle (safe-life) oder mit vertretbaren Ausfällen (fail-safe) arbeitet.

Hierzu gehören die bekannten Simulationsrechnungen der Betriebsfestigkeit und konstruktive Maßnahmen für den Fall eines begrenzten Versagens. Hierzu gehören aber auch Betrachtungen über das Verhalten des Produktes unter Einflüssen wie Temperaturwechsel, Fragen der Korrosion, der Erosion oder des Verschleißes. Schließlich ist das Produkt zu untersuchen im Hinblick auf sein Umweltverhalten, das heißt mögliche Emissionen oder die Entwicklung von Lärm.

Aufgrund der eingangs geführten Diskussion, dass man die Eigenschaften eines Produktes erst dann genau kennt, wenn dieses Produkt vorhanden ist, ist eine solche Arbeit der Lebensdauerbetrachtung durch Simulationen sehr stark geprägt von Erfahrungen, die aus ähnlichen Produkten oder ähnlichen physikalischen Vorgängen vorliegen – ich verweise hier auch auf die Ausführung zu Unternehmenswissen. Auch hier ist die Wissenschaft noch nicht so weit, wie dies wünschenswert wäre, und dies möchte ich an dem folgenden Beispiel aus dem Bereich der Instandhaltung von Produkten beschreiben:

Jedes Produkt unterliegt im Laufe seines Lebens Beanspruchungen, die zu Schädigungen führen. Bei der Konstruktion müssen solche Schädigungen beachtet werden und eine Strategie entwickelt werden, wie diese Schädigungen erkannt, verhindert oder durch Maßnahmen ausgeglichen werden. Der Grundgedanke einer solchen Betrachtung beruht auf dem Abnutzungsvorrat des Produktes wie er in **Bild 9** gezeigt wird.

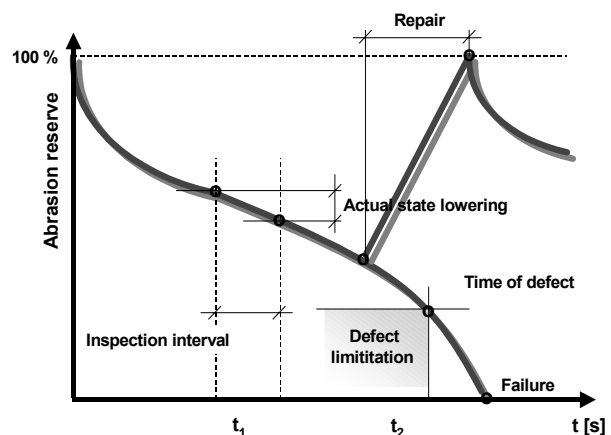


Bild 9: Abnutzungsvorrat eines Produkts

Bei der Auslieferung besitzt ein Produkt einen Vorrat an Funktionsbereitschaft, der durch Betriebsbeanspruchungen wie Korrosion, Verschleiß, Ermüdung usw. über der Lebenszeit aufgezehrt wird, bis die Funktionsfähigkeit nicht mehr gewährleistet ist. Hieraus abgeleitet werden Maßnahmen, die bei der Entwicklung eines Produktes festzulegen sind, z.B. Inspektionsmaßnahmen, um den Fortschritt der Abnutzung zu erkennen (z.B. Messung des Spiels in Kupplungen), Maßnahmen zur Beeinflussung des Kurvenverlaufs, um damit eine Erhöhung der Lebensdauer zu erzielen (z.B. Schmierung und Wartung) oder Maßnahmen, die eine Wiederherstellung des Abnutzungsvorrates garantieren (Instandsetzung).

Diese Betrachtung des Abnutzungsvorrates ist sehr grundlagenbezogen und allgemein. Hier sehe ich ein großes Feld der rechnergestützten Lifecycle-Betrachtungen mit ihrem Einfluss auf die konstruktive Gestaltung eines Produktes. Hier sehe ich aber auch eine große Chance bei der Anwendung von Unternehmenswissen, wenn dieses systematisch aus dem Lifecycle-Verhalten bestehender Produkte erweitert und verwaltet wird.

Das Problem liegt im Wesentlichen darin, dass man den Verlauf der Abnutzungskurve richtig erfasst und für eine Vorhersage zugänglich macht. Einige solcher Kurven sind bekannt wie z.B. die sogenannte „Badewannenkurve“ (**Bild 10**), die zur Zuverlässigkeitsanalyse elektronischer Bauteile benutzt wird.

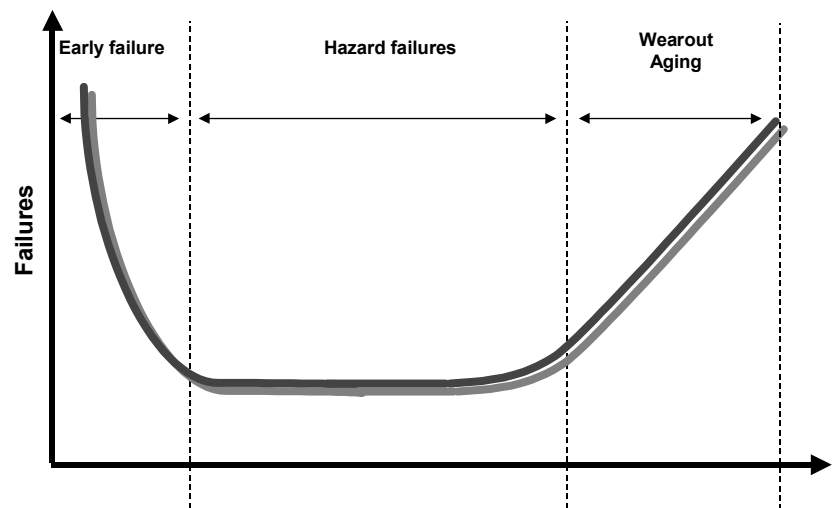


Bild 10: „Badewannenkurve“: Weibull-Verteilung der Ausfälle elektronischer Produktkomponenten

Andere erkannte Kurven für die Lebensdauervorherschätzung sind die Kriechkurven der Materialien bei hohen Temperaturen oder die Verschleißkurven, die sogenannten Taylorgeraden, für die Abnutzung von spanenden Werkzeugen im Eingriff.

Diese Abnutzungskurven sind meist beeinflusst von Belastungsparametern, wie die in **Bild 11** aufgeführte Kurve für den Verschleiß an Zahnwellenverbindungen zeigt /6/. Man kann aber auch Maßnahmen während des Lifecycles der Produkte in diese Überlegungen nachvollziehen.

In **Bild 12** wird beispielsweise der Verschleiß an Wälzlagern durch Inspektion in Verschleißfortschrittskurven festgehalten. Man sieht, dass man außer einem völlig anderen Schmierkonzept von Anfang an auch eine Änderung der Schmierung während des Betriebszeitraumes vornehmen kann, um damit die Lebensdauer der Teile zu erhöhen.

Die Definition solcher Abnutzungskurven, die in einer Simulation bei der Produktentwicklung genutzt

werden können, ist nur in seltenen Fällen auf physikalische Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen, meistens sind es Erfahrungen mit ähnlichen Konstruktionen. Umso wertvoller sind aber solche Erfahrungswerte oder Messwerte aus vergleichbaren Untersuchungen, da sie eine Vorhersage nach dem Prinzip des „worst case“ ermöglichen.

Die an diesem Beispiel gezeigte Möglichkeit des gezielten Erwerbs und der Verwaltung von Unternehmenswissen bezüglich des Lebensdauerverhaltens

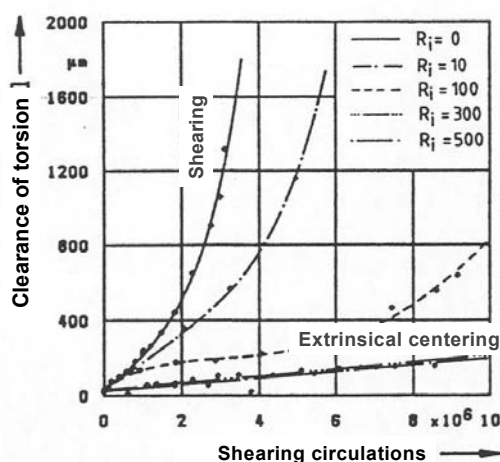
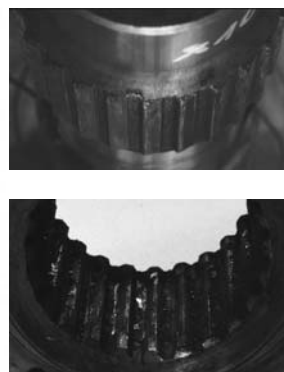


Bild 11: Verschleiß an Zahnwellenverbindungen /6/



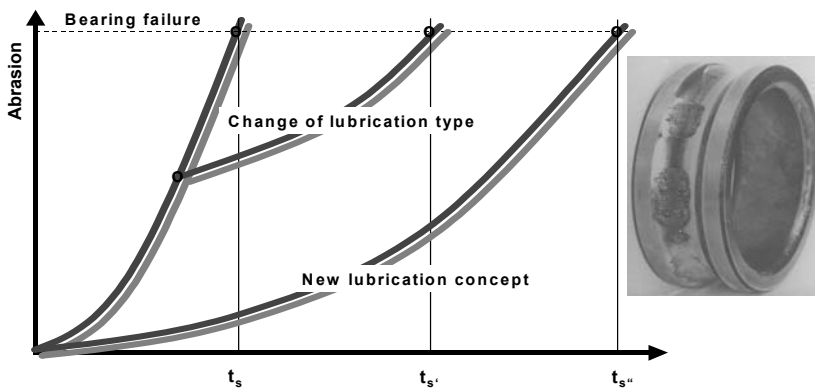


Bild 12: Verschleiß eines Wälzlagers

eines Produktes zur Unterstützung von Simulationsbetrachtungen erscheint mir ein lohnendes Forschungsthema im Bereich der rechnerunterstützten Produktentwicklung. Ableiten lassen sich hier nicht nur Konstruktionsregeln für das Produkt selbst, sondern auch Strategien, die dynamisch dem jeweiligen Zustand des Produkts im Laufe seines Lebens angepasst sind.

4 Das Kommunikationsproblem, engineering workflow

Die oben dargestellte Arbeitsweise im concurrent engineering macht schon deutlich, dass sich die Produktentwicklung auszeichnet durch eine hohe Frequenz und eine abteilungsübergreifende Verschachtelung von Kommunikations- und Entscheidungsvorgängen. Hinzu kommt, dass heute immer mehr Produkte in einer Zulieferkette entstehen, gefertigt und vertrieben werden, in der ein unternehmensübergreifender Kommunikationsfluss vorhanden sein muss. *Fazit:* Die Lifecycle-Betrachtung und das concurrent engineering erhöhen die Kommunikationsmenge und den Kommunikationsinhalt in den frühen Produktentwicklungsphasen erheblich. Die stärkere Verteilung der Kompetenzen im Produktentwicklungsprozess muss damit zu neuen Kommunikationsformen führen. Das Papier-Dokument als Grundlage ist zu schwerfällig und zu fehleranfällig.

Die Lösung dieses Kommunikationsproblems besteht darin, dass man statt ständig geänderter Dokumente die Änderung relevanter Parameter selbst innerhalb der Entwicklungsgruppe kommuniziert. Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist dabei, dass bei der jetzigen Methode des Dokumentenaustauschs der Designer ca. 89 % seiner Zeit mit

unproduktiven Tätigkeiten wie Informationssuche, Kommunikation und dem Warten auf Entscheidungen verbringt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes SIMNET /7/, das sich mit dem Beispiel der Produktentwicklung eines Eisenbahndrehgestelles einschließlich Antrieb und Bremssystem befasste, wurde festgestellt, dass ca. 80 geometrische, funktionale und material-

spezifische Parameter frühzeitig und konsequent zwischen allen beteiligten Entwicklungspartnern abzustimmen sind, um ein fehlerfreies Drehgestellkonzept zu gewährleisten. Ziel war, dass diese Parameter als Informationsobjekte mit eigenem Lebenszyklus erfasst und verwaltet werden, ohne dass hierfür eigene Dokumente eröffnet werden.

Diese Erkenntnisse führten zu der Idee, Parameter als Kommunikationsbasis für die Zusammenarbeit zwischen den Entwicklungspartnern zu nutzen.

Die Plattform für eine solche Kommunikationsstruktur ist der Workflow-Prozess, wie er aus der Produktionskette bekannt ist. In einem solchen klassischen Workflow (**Bild 13**), der auf den Dokumenten der Produktspezifikation oder Änderungsdokumenten aufgebaut ist, werden die „Personen“ - dies können Abteilungen innerhalb eines Unternehmens sein oder die bei einer übergreifenden Entwicklung beteiligten Unternehmen - verantwortlich gemacht für einzelne Prozesse, die mit diesen Dokumenten verbunden sind.

Dieser Workflow gestattet keine flexible Änderung, da die Zuordnung in dieser Wirkungskette einmalig festgelegt ist. Die Vorgehensweise nach der hier propagierten flexiblen Struktur beinhaltet, dass die

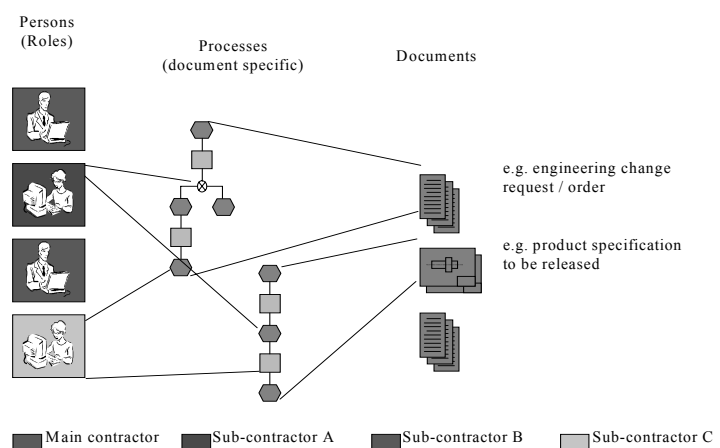


Bild 13: Klassischer Workflow

maßgebende Größe für den Entwicklungs- und Änderungsbedarf die Produktstruktur mit ihren Eigenschaften ist. In **Bild 14** ist diese gekennzeichnet als eine Untergliederung des Produktes mit einer Zuordnung zu den entsprechenden Partnern, die natürlich auf den Dokumenten der Produktentwicklung beruht und für die auch die Fertigungsprozesse festgelegt sind.

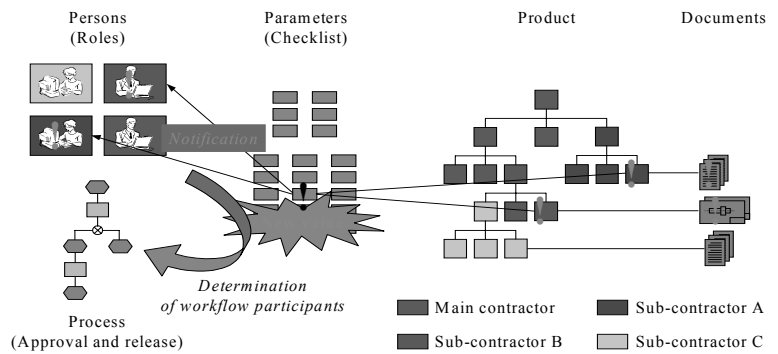


Bild 14: Informationsfluss bei Parameteränderungen /7,8/

Eine Parameteränderung, z.B. die Änderung der Einsatztemperatur des Produktes bedeutet eine Änderung des Dokumentes für dieses Produkt, der Fertigungsstruktur für das Produkt und möglicherweise der verantwortlichen Personen innerhalb dieses Prozesses /9/. Es braucht also nur innerhalb dieser etwas begrenzteren Kommunikationskette der Personenkreis informiert oder um eine Genehmigung angesucht zu werden, der auf den betreffenden Parameter durch einen Prozessschritt einen Einfluss hat.

In einem solchen Konzept des *product-data-controlled-workflow* entsteht ein flexibles Geflecht von Kommunikationen, dass auf Parametern in der Anwendung basiert. **Bild 14** zeigt dieses Konzept, bei dem die Dokumente und die Produktstruktur, die verbunden ist mit einer Prozessstruktur – im wesentlichen die Frage des Durchführungs- und Genehmigungsmanagements – und diese Strukturen sind wiederum verbunden mit den verantwortlichen Personen oder Abteilungen. Neu in dieser Struktur ist, dass eine Reihe von Parametern, die im Wesentlichen aus den Anforderungen und damit aus der Lifecycle-Betrachtung kommen, als Indikator für Änderungen im Produkt, in den Verfahren und in den Dokumenten wirken. Das Bild zeigt einerseits die Verbindung zwischen den Parametern und den einzelnen Mitgliedern der Produktstruktur einschließlich der Dokumente, andererseits wird gekennzeichnet, welche Abteilung oder welche Person verantwortlich für die Behandlung des Parameters in der vorproduktionellen Entwicklung verantwortlich sind.

Ergebnis dieser Änderungen kann auch eine Veränderung der Prozesse in der Akzeptanz und Fertigungsänderung der gesamten Struktur sein. Aber auch ein neuer Zulieferer, Kunde oder eine andere „Person“ in diesem Beziehungsgeflecht kann flexibel aufgenommen werden – oder es können „Personen“ entfernt werden.

Das Parameterkonzept ist nicht unumstritten, vor allen Dingen deswegen, weil die Vielzahl der Parameter zu nahezu unübersichtlichen Strukturen führt. Maßgebend ist jedoch, dass nur die Parameter betrachtet werden, die jeweils für die abteilungs-, standort- oder unternehmensübergreifende Operation relevant sind, und das sind entschieden weniger. Über das Parameter-Netzwerk ist es ferner möglich, den Kreis der in einen Änderungs- oder Fortschrittsvorgang einzubeziehenden Personen sukzessive zu identifizieren und damit das Ausmaß an Benachrichtigungsvorgängen auf ein notwendiges Maß zu beschränken.

Dieser vorgestellte Ansatz eines parameterbasierten engineering workflow wurde prototypisch in der Produktdaten- bzw. Product Lifecycle Management Software axialant der Firma Eigner umgesetzt, **Bild 15** stellt die funktionale Architektur dieses Systems dar.

Zusammenfassung

Mit der Weiterentwicklung der Produktentwicklungsstrategie unter Einbeziehung wissensbasierter Systeme hat sich eine Vorgehensweise in der Entwicklung durchgesetzt, die sowohl in der Aufgabenstellung für das neue Produkt als auch in der Untersuchung spezieller Teilaspekte die Lebensdauer eines Produktes intensiv untersuchen und hieraus konstruktive Schlussfolgerungen ziehen muss. An Beispielen wurde erläutert, dass im Bereich der Konzeptentwicklung eine Aufgabendklärung durch ein rein schematisiertes System (Programmentwicklung) nicht zum Ziel führt, da die Erfahrung des Entwicklungsingenieurs und die Fassung betriebsrelevanter Zustände zur Auslegung des Produktes eine immer noch weitaus größere Rolle spielen als dies üblicherweise angenommen wird. Empfohlen für die Klärung der Aufgabenstellung anhand des Lifecycles wird als Hauptquelle der Entscheidung

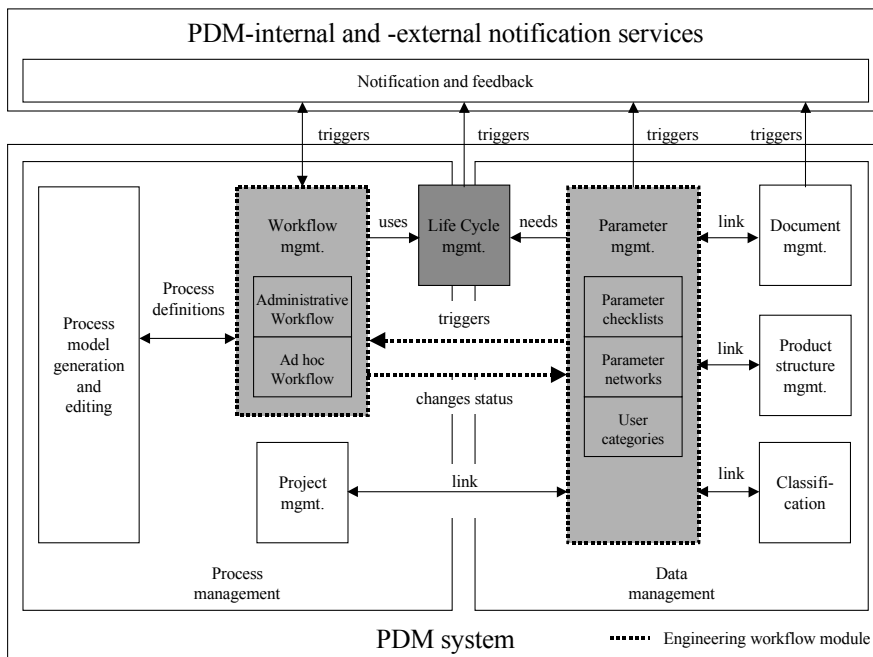


Bild 15: Architektur der Parameter-Management Software /7/

eine gemeinsame Sitzung der am Entwicklungsprozess beteiligten Personen, bei der mit Hilfe der strukturierten Brainstorming-Technik die Anforderungen und Randbedingungen einer solchen Entwicklungsaufgabe herausgearbeitet werden (concurrent engineering).

Aber auch im Bereich der Detailkonstruktion hilft eine Lebensdauersimulation kritischer Teile oder der Konstellation von Teilen erheblich zu einer vom Konstrukteur propagierten Funktionssicherheit des Produktes. Hier ist noch ein großes Anwendungsfeld für eine zielgerichtete Anwendung von wissensbasierten System zu sehen, mit deren Hilfe Simulationen zum Betriebsverhalten über den gesamten Lifecycle möglich sind und die einen wesentlichen Beitrag zur Vermehrung des Unternehmenswissen leisten können.

Die Flut der Informationen macht neue Kommunikationsformen der beteiligten Partner in einem Entwicklungsprozess notwendig, da die bisherigen Dokumente in Umfang und Flexibilität nicht mehr ausreichen. Am Beispiel einer internationalen Gemeinschaftsentwicklung im Rahmen des SIMNET-Projektes wurde ein Vorschlag ausgearbeitet, der auf der Basis des engineering workflows die operationalen Vorgänge während der Entwicklung beschleunigt und dokumentiert.

Literatur

/1/ Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung - Methoden und Anwendung, ISBN 3-540-00319-3, 5. Aufl., Springer Verlag Berlin et al., 2003

/2/ KARE Konsortium: KARE Projekt, EU ESPRIT 28916, Projekt Website, <http://www.imw.tu-clausthal.de/kare>

/3/ Kruse, Peter J.: Anforderungen in der Systementwicklung. Erfassung, Aufbereitung und Bereitstellung von Anforderungen in interdisziplinären Entwicklungsprojekten. Diss. TU Clausthal 1995. Fortschrittsberichte VDI, Reihe 20, Nr. 191

/4/ Heimannsfeld, Klaus: Modellbasierte Anforderungen in der Produkt- und Systementwicklung: Von Dokumenten zu Modellen, Diss. TU Clausthal, Berichte aus dem Maschinenbau, Shaker-Verlag, Aachen 2001

/5/ Wyrwoll, A.: CID – Customer Integration Deployment. Diss. TU Clausthal 2001

/6/ Dietz, P.: Calculation of Involute Splines under Elastic Material Behaviour. 5th International Design Conference DESIGN 98, 19.-22.5.1998, Dubrovnik/Kroatien

/7/ SIMNET Konsortium: SIMNET Projekt, EU ESPRIT 26780, Projekt Website, <http://www.imw.tu-clausthal.de/inhalte/forschung/projekte/SIMNET/Welcome.html>

/8/ Schmitt, Reinhard: Unternehmensübergreifender Engineering Workflow - Verteilte Produktentwicklung auf der Grundlage eines parameterbasierten Daten- und Prozessmanagements, Diss. TU Clausthal, Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld 2001

/9/ Mündemann, S.O.: Ein Konzept für die Prozessgestaltung des Änderungsmanagements von PKW-Plattformen unter dem Einsatz von Telekooperationstechniken. Diss. TU Clausthal 2000